

Путевые переключатели, в отличие от других типов низковольтных аппаратов, устанавливаются непосредственно на станках, автоматических линиях и других производственных механизмах. Поэтому во время эксплуатации не исключено попадание на электрический контакт масла. Статистическая обработка результатов наблюдений и испытаний на надежность показала, что вероятность замыкания таких контактов значительно больше, чем контактов, на которые в условиях эксплуатации масло не попадает. Это говорит о том, что контакты в условиях попадания на них масла больше подвергнуты внезапным отказам, которые наступают в результате резкого, скачкообразного изменения переходного сопротивления контакта.

УДК 621.316

В.П. Самошкин,

канд. техн. наук,

Я.Б. Форкун,

канд. техн. наук,

И.А. Махов

Харьковская национальная академия городского хозяйства

НАДЕЖНОСТЬ КОНТАКТИРОВАНИЯ ПУТЕВЫХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОПАДАНИЯ НА КОНТАКТНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ МАСЛА

Введение. Контакт путевого переключателя, как и всякий коммутационный элемент, выполняет две функции: замыкания и размыкания. Поэтому следует различать надёжность работы контактов P отдельно при замыкании P_1 и размыкании P_2 , т.е.

$$P = P_1 \cdot P_2.$$

При расчёте надёжности замыкания контактов путевых переключателей кроме факторов, приведенных в [1], необходимо учитывать физико-химические процессы, протекающие на контактах в результате попадания на них масла.

Переходное сопротивление контакта под влиянием физико-химических процессов изменяется в широких пределах. Это влияние обычно не удастся оценить теоретически, и прибегают к опытному исследованию [2]. Под воздействием электрической дуги или искры на поверхности контактов образуются пленки, характеристики которых трудно систематизировать. Поэтому оценить теоретически надёжность замыкания контактов при попадании на них масла не представляется возможным.

Лабораторные испытания проводились на путевых переключателях типа ВПК-3000 и ВПК-2000. На контакты этих аппаратов, которые включали и отключали электромагнит переменного тока типа МИС-5100, периодически капалось масло. Через определенное число циклов коммутации производилось по 10 замеров на каждом контакте величины сопротивления контакта. Всего подвергалось испытанию 48 контактов. Сопротивление контакта измерялось методом вольтметра-амперметра при измерительном токе 0,05 А (минимально допустимый ток для путевых переключателей). Электрические параметры МИС-5100: напряжение 220 В, ток включения почти равен току отключения и лежит в пределах 0,7÷0,8 А, коэффициент мощности 0,3.

Изложение основного материала. Результаты замеров величин контактного сопротивления приведены в таблице 1.

Таблица 1

N, циклов	0	10	20	50	100	150	200	250	300	350
R_n , Ом	0,257	0,760	0,787	2,60	12,20	4,40	0,88	0,04	8,166	0,560

По данным табл.1 на рис.1 показана динамическая характеристика переходного сопротивления контактов.

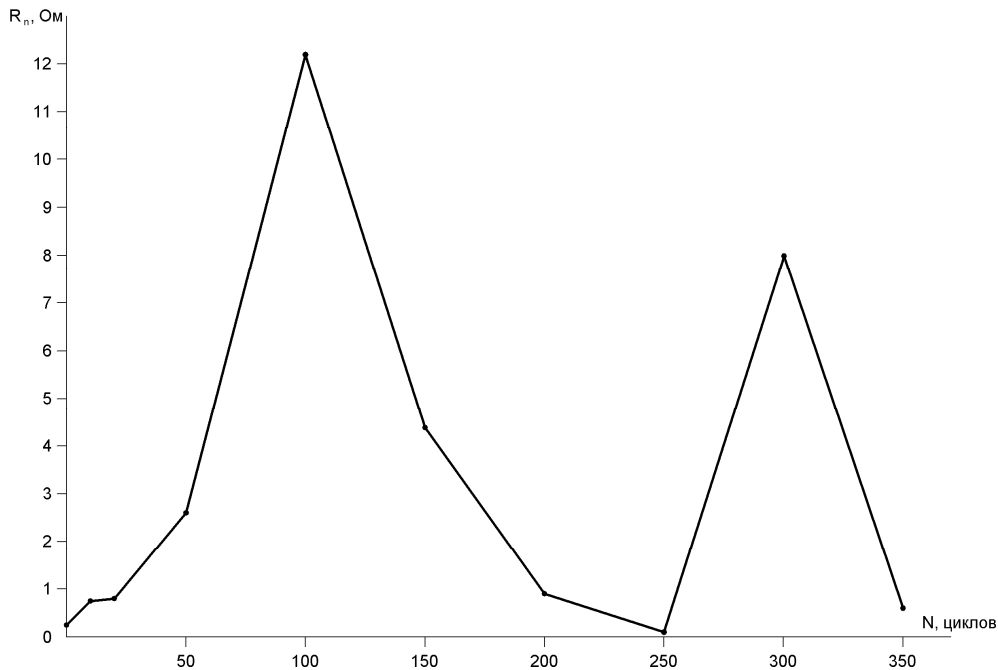


Рис.1. Динамическая характеристика переходного сопротивления контактов

Проводились и более длительные испытания до наработки более одного миллиона коммутационных циклов (включений-отключений). Характер изменения переходного сопротивления тот же (скачкообразное изменение), при этом заметного увеличения среднего значения сопротивления с увеличением числа коммутационных циклов не наблюдается.

Для сравнимости результатов параллельно испытывались путевые переключатели, попадание масла на контакты которых было исключено. Результаты замеров величин контактного сопротивления приведены в табл.2. Нарботка при этом составила 1,6 млн. коммутационных циклов. График изменения величины переходного сопротивления контакта в функции числа коммутационных циклов не приводится, поскольку он имеет такой же вид.

Таблица 2

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R _n , Ом	2,82	4,38	1,73	0,52	9,0	2,02	2,55	1,9	3,32	4,68

Продолжение таблицы 2

j	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R _n , Ом	2,5	3,0	6,18	3,7	1,84	5,2	1,96	1,72	1,46	1,56

Продолжение таблицы 2

j	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R _n , Ом	0,75	1,51	2,06	0,5	2,1	1,51	11,9	1,44	1,52	0,57

Продолжение таблицы 2

j	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
R _n , Ом	2,94	1,27	1,8	1,82	1,62	0,78	0,59	2,96	2,72	8,68

Продолжение таблицы 2

j	41	42	43	44	45	46
R _п , Ом	2,5	9,44	9,58	1,24	7,02	5,32

Здесь j – номер измерения.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что масляный нагар и другие плёнки, которые образуются на контактной поверхности, ведут к росту сопротивления контактов. Однако при этом увеличивается и падение напряжения на контакте, и градиент электрического поля в плёнке, разделяющей контакты, и температура площадки соприкосновения. Совместное действие электрического поля и температуры приводит к разрушению плёнки и образованию проводящей дорожки на контактной поверхности.

Масло, попадая на контакты путевого переключателя, выгорает, а образовавшийся нагар разрушается в процессе замыкания и размыкания контактов. Переходное сопротивление тем самым снижается. При повторном попадании на контакты масла вновь начинается повторение процесса роста сопротивления и вновь наступает снижение. Длительность цикла рост-снижение сопротивления зависит от величины коммутируемой нагрузки (мощности дуги) и числа коммутационных циклов (включений-отключений). Чем больше величина коммутируемой нагрузки, тем меньше время цикла. Замечено, что в момент попадания масла на контакт переходное сопротивление скачкообразно увеличивается. Причём, степень возрастания сопротивления зависит от состояния контактной поверхности, которая ухудшается по мере увеличения числа коммутационных циклов. Так, например, после 20 циклов коммутации (включения-отключения) электромагнита МИС-5100 средняя величина переходного сопротивления контактов составила 0,787 Ом, а после попадания на контакты масла она скачком изменилась до величины 3,01 Ом, т.е. увеличилась почти в 4 раза. После 200 циклов коммутации той же нагрузки средняя величина переходного сопротивления контактов - 0,88 Ом, а после попадания на контакты масла - 8,77 Ом, т.е. увеличилась в 10 раз.

По мере увеличения коммутационных циклов изменяется рельеф, структура и химический состав поверхностного слоя контактов [3]. Во впадинах шероховатой поверхности контактов всё больше и больше накапливаются остатки разрушенных окислов, пыль и другие продукты износа. Поэтому, если даже попадание масла на контакты исключено, переходное сопротивление изменяется случайно, скачкообразно и довольно в широком диапазоне. Так, например, при испытании путевых переключателей типа ВПК-2112 с контактами типа СН-20 на электрическую износостойкость на постоянном токе (параметры нагрузки: напряжение 220 В, ток включения и отключения 0,63 А, T=0,01 с) в процессе наработки 1,6 млн. циклов (включений-отключений) величина переходного сопротивления контактов изменялась в пределах 0,5÷11,9 Ом.

В момент попадания на контакт масла величина переходного сопротивления будет находиться в диапазоне 5÷119 Ом (если считать, что она увеличивается в 10 раз). При таком диапазоне изменения величины сопротивления вероятность незамыкания контакта резко возрастает.

Для оценки надёжности замыкания контактов необходимо знать допустимую величину контактного сопротивления, гистограмму распределения величины переходного сопротивления контактов в пределах допустимой наработки, при коммутации максимально допустимой нагрузки и вероятность попадания на контакты масла.

Величина допустимого сопротивления определяется условиями работы контактов, величиной тока и напряжения. Так, например, фирма АЕГ, Германия надёжность контактирования определяет величиной сопротивления контакта, которая не должна превышать заданную величину. В фирме принято надёжность контактирования определять при напряже-

нии цепи 12 В и токе 0,05 А. При этом сопротивление контактов более 1 Ом рассматривается как отказ [4].

Гистограмма распределения величины переходного сопротивления контактов должна быть построена для случая максимально допустимой нагрузки и числа коммутационных циклов. Это объясняется тем, что жесткость контактной пружины путевого переключателя зависит от величины коммутируемой нагрузки и числа коммутационных циклов. Уменьшение жесткости контактной пружины приводит к уменьшению контактного нажатия и увеличению переходного сопротивления контактов. Этим самым рассматривается как бы худший случай.

Вероятность попадания на контакты путевого переключателя масла определяется условиями эксплуатации.

По данным табл.2 определяем количество интервалов K , ширину интервала δ , среднее значение \bar{R}_n .

Количество интервалов

$$K=1+3,2\lg N=1+3,2\lg 46\approx 6.$$

Ширина интервала

$$\delta = \frac{R_{n\max} - R_{n\min}}{K} = \frac{11,9 - 0,5}{6} \approx 2.$$

Среднее значение

$$\bar{R}_n = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N R_{nj} = 3,2.$$

По табл.2 подсчитываем число элементов N_j , попавших в j -ый интервал. Результаты подсчета сведены в табл. 3.

По данным табл.3 построен график распределения R_n , который может быть представлен либо в виде гистограммы (рис. 2а), либо в виде полигона (рис. 2б).

Таблица 3

j	$R_{j-1} \div R_j$	N_j	P
1	0,2÷2,2	25	0,54
2	2,2÷4,2	10	0,22
3	4,2÷6,2	5	0,11
4	6,2÷8,2	1	0,02
5	8,2÷10,2	4	0,09
6	10,2÷12,2	1	0,02
	Σ	46	1,00

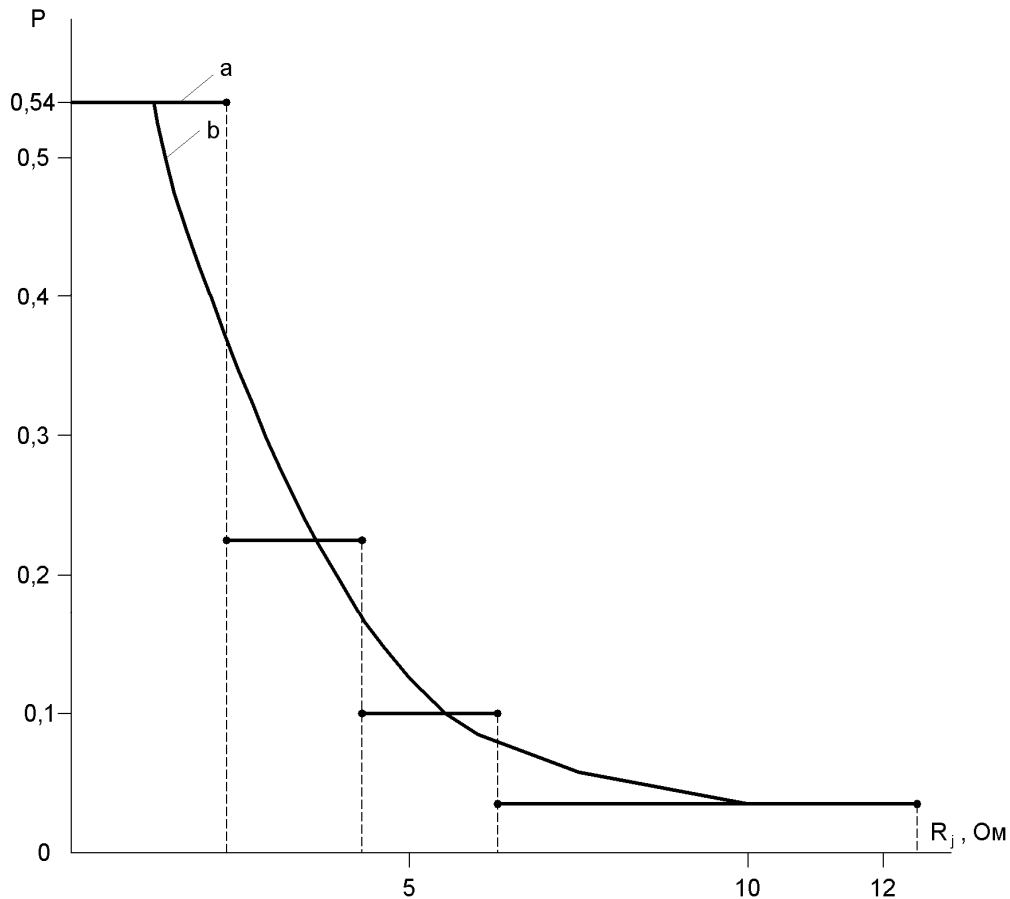


Рис.2. График распределения сопротивления контактов

Выводы. Приведенные в работе данные позволяют оценить надёжность замыкания контакта путевого переключателя в условиях попадания на него масла. Предположим, что сопротивление контактов более 10 Ом рассматривается как отказ. Тогда вероятность замыкания контакта в случае, если попадание на него масла исключено, равна 0,02.

Предположим, что путевого переключатель используется на установках, где вероятность попадания на контакты масла 0,8. Считая, что в момент попадания масла переходное сопротивление увеличивается в 10 раз, получим, что вероятность замыкания контактов равна $0,8 \cdot 0,55 = 0,44$.

Литература

1. Б.С. Сотсков. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М., 1970 г.
2. И.С. Таев. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения. М.: "Энергия", 1973 г.
3. К.К. Намитов и др. Влияние электрической дуги на переходное сопротивление и состояние поверхностного слоя контактов на основе серебра. Сб. "Аппараты низкого напряжения", вып. 4(35), 1974г.
4. Доклад, прочитанный 6 июня 1973 г. на симпозиуме при Министерстве электротехнической промышленности д-р Гербертом Майером.

НАДІЙНІСТЬ КОНТАКТУВАННЯ ШЛЯХОВИХ ПЕРЕМИКАЧІВ В УМОВАХ ПОТРАПЛЯННЯ НА КОНТАКТНУ ПОВЕРХНЮ МАСТИЛА

В.П. Самошкін, Я.Б. Форкун, І.О. Махов

Шляхові перемикачі, на відміну від інших типів низьковольтних апаратів, встановлюються безпосередньо на верстатах, автоматичних лініях і інших виробничих механізмах. Тому під час експлуатації не виключено потрапляння на електричний контакт мастила. Статистична обробка результатів спостережень і випробувань на надійність показала, що вірогідність незамикання таких контактів значно більше, ніж контактів, на які в умовах експлуатації мастило не потрапляє. Це говорить про те, що контакти в умовах потрапляння на них мастила більше піддані раптовим відмовам, які настають в результаті різкої, стрибкоподібної зміни перехідного опору контакту.

RELIABILITY OF CONTACT POSITION SWITCHES IN THE CONDITIONS OF HIT ON CONTACT SURFACE OF OIL

V.P. Samoshkin, J.B. Forcun, I.A. Makhov

The position switches, unlike other types of low voltage vehicles, are mounted on machine-tools, automatic transfer lines and other production machineries. Therefore during exploitation the hit on the electric contact of oil is not eliminated. Statistical treatment of results of supervisions and reliability tests showed that probability of unshorting of such contacts considerably more than contacts on which in the conditions of exploitation an oil does not get. It speaks about that the contacts in the conditions of hit on them of oil are anymore exposed to the sudden refusals which come as a result of sharp, saltatory change of transitional resistance of contact.